

Opinnäytetyö (AMK)

Tuotantotalous

Tuotanto

2015

Karri Laisti

LASERHITSATUN TUOTTEEN VALMISTUKSEN KEHITTÄMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotantotalous | Tuotanto

Kevät 2016 | 40

Tero Reunanen, Tuomo Rautava

Karri Laisti

LASERHITSATUN TUOTTEEN VALMISTUKSEN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyön teoriaosuudessa esitellään laserhitsaus työmenetelmänä ja sen tuomat tuotantotaloudelliset hyödyt yrityksille. Työssä esitellään laserhitsatun liitoksen valmistavat toimenpiteet ja niiden vaatimukset. Opinnäytetyössä perehdytään laserhitsauskiinnittimiin ja niiden suunnittelutyöhön. Laserhitsauksen lisälaitteista esitellään railonseuranta ja lisääineensyöttö. Työssä tutustutaan Lean-käsitteeseen ja sen keskeisempiin työkaluihin. Erityisesti arvovirta-analyysiin syvennytään tarkemmin.

Case-osuudessa esitellään toimeksiantajayritys, kuvataan yrityksen tuotantoympäristö, tuotteen valmistusprosessi sekä laserhitsattava tuote. Teorian pohjalta laaditaan parannusehdotukset tuotteen valmistukseen sekä tehdään arvovirta-analyysi toimeksiantajayrityksen laserhitsattavan tuotteen valmistuksesta.

Tämän opinnäytetyön tavoite on kehittää laserhitsattavan tuotteen valmistusprosessia ja laskea tuotteen valmistuksen kustannukset Koneteknologiakeskus Turku Oy:lle, joka oli opinnäytetyön toimeksiantajayritys. Tuotteen valmistuksen kehittämisessä käytetään arvovirta-analyysiä menetelmänä. Arvovirta-analyysissä tehdään graafinen arvovirtakuvaus laserhitsatun tuotteen valmistusprosessista. Arvovirtakuvauksessa kuvataan kaikki tuotannon toiminnot sekä materiaali- ja informaatiovirrat.

Tuotteen valmistuksen kustannusten arvioiminen tehdään haastatteluiden perusteella. Koneteknologiakeskuksen käyttöpäällikköä ja laserhitsausoperaattoria haastateltiin paikan päällä syksyn 2015 ja kevään 2016 aikana.

Opinnäytetyön tuloksena laadittiin laserhitsattavan tuotteen valmistuksesta arvovirtakuvaus sekä kuvattiin kehittämisideat tuotteen valmistusprosessista. Arvovirtakuvauksella saatiin tuotannon pullonkaulat tunnistettua sekä löydettiin potentiaalista osaamista. Tuotannon ongelmakohdat selvitettiin, ja esitettiin parannusehdotukset. Suurin ongelma Koneteknologiakeskus Turku Oy:n laserhitsattavan tuotteen valmistuksessa oli laserhitsauskiinnitin. Tarkoituksenmukaisella laserhitsauskiinnittimellä olisi tuotannossa selvitty kolmella työvaiheella viiden sijaan. Tuotteelle laadittiin kustannuslaskelma, ja kustannusten pienentämistä arvioitiin optimaalisella valmistusprosessilla.

ASIASANAT:

arvovirta-analyysi, arvovirtakuvaus, kustannuslaskelma, laserhitsaus, lean

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial management | Production

Spring 2016 | 40

Tero Reunanen, Tuomo Rautava

Karri Laisti

DEVELOP MANUFACTURING OF LASER WELD PRODUCT

The aim of this thesis was to develop the production of a laser welded product and to calculate its manufacturing costs. The thesis was commissioned by Machine Technology Center Turku Ltd. The method used in the development work was value stream mapping, which gives a comprehensive picture of the entire production and shows the material and information streams.

The theory section of this thesis introduces laser welding as a working method and the benefits of its use. The theory section also focuses on the design of the laser welding fixture and presents the auxiliary equipment of laser welding, which are the wire feed and seam tracking device. The second part of the theory section deals with the basics of Lean manufacturing and Lean tools. In this thesis the focus is on a Lean tool named value stream mapping (VSM).

In the case section, the client company, laser welded product as well as the company's manufacturing environment are discussed. Based on the theory, the development proposals were suggested and the value stream mapping of the manufacturing of the laser welded product was made.

Necessary information about the manufacturing costs were received through interviews with the production manager and the operator of laser welding during fall 2015 and spring 2016.

As a result of this thesis, a value stream map of the manufacturing of a laser welded product was made and the costing of manufacturing was presented. Development ideas for the production were also introduced using the value stream mapping method. VSM reveals the bottlenecks of manufacturing and hidden competence that was found. The biggest problem with the manufacturing of a laser welded product was the laser welding fixture. With an appropriate welding fixture, it would be possible to manufacture the laser welded product more effectively.

KEYWORDS:

costing of manufacturing, laser welding, lean manufacturing, value stream map,

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 LASERHITSAUS	9
2.1 Mitä on laserhitsaus	9
2.1.1 Laserhitsattavan liitoksen valmistus ja vaatimukset	11
2.1.2 Hitsauskiinnittimet	12
2.1.3 Hitsauskiinnittimen suunnittelu	12
2.1.4 Laserhitsauksen lisälaitteet	13
2.1.5 Railonseuranta	13
2.1.6 Lisäaineensyöttö	14
3 LEAN-TUOTANTO	16
3.1 Lean-tuotannon periaatteet	16
3.2 Arvovirta-analyysi	19
4 CASE	21
4.1 Toimeksiantaja	21
4.2 Tuotteen kuvaus	22
4.3 Tuotantoympäristön kuvaus	22
4.4 Hitsauskiinnittimen suunnittelu ja valmistus	23
4.5 Laserhitsauksen suunnittelu ja ohjelmointi	25
4.6 Tuotannon vaiheet	26
4.6.1 Varastointi	26
4.6.2 Tuotteen päätyjen kokoonpano ja hitsaus	28
4.6.3 Laserhitsaus	30
4.6.4 Laserhitsauksen jälkeiset toimenpiteet	31
4.7 Arvovirta-analyysi	32
4.8 Kustannuslaskelma	34
4.9 Tuotannon ongelmakohdat	34
4.10 Kehittämisehdotukset tuotannon ongelmakohtiin	35
4.10.1 Varastointi	35
4.10.2 Tuotanto	36
4.11 Tuotannon kehittämisehdotukset kuvattuna arvovirtakuvaukseen	37

5 YHTEENVETO	39
---------------------	-----------

LÄHTEET	40
----------------	-----------

KUVAT

Kuva 1. Laserhitsaus autotehtaalla	10
Kuva 2. Hitsausliitos	11
Kuva 3. Optinen railonseurantalaite	14
Kuva 4. Lisäaineensyöttö	15
Kuva 5. Toyotan malli prosessien parantamiseksi	18
Kuva 6. Arvovirtakuvaus	20
Kuva 7. Koneteknologiakeskus Turku Oy	21
Kuva 8. Tuotannon layout	23
Kuva 9.3D-piirustus laserhitsauskiinnittimestä	24
Kuva 10. Laserhitsauskiinnitin	25
Kuva 11. Laserhitsauksen ohjelmointi	26
Kuva 12. Varastoalue	27
Kuva 13. Tuotteen päätykappale	28
Kuva 14. Päätykappaleiden asennus	29
Kuva 15. Laserhitsaus virtalähde	30
Kuva 16. Laserhitsausoptiikka	31
Kuva 17. Arvovirtakuvaus	33
Kuva 18. Kustannuslaskelma	34
Kuva 19. Tuotannon tehostaminen, kuvattuna arvovirtakuvauksella	38

KÄYTETYT LYHENTEET

5S	Sorteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta. (Sixsigma 2016)
CCD	A charge- coupled device (specinst 2016).
Heijunka	Heijunka liittyy työn määrän säätelyyn tuotantosuunnitelmassa. (Leaniksi 2016)
JIT	Just in time (Wikipedia 2016).
Laser	Light Amplification by Stimulated Emmission of Radiation (Tiede 2016).
Kanban	Kanban on Japaninkielinen termi joka tarkoittaa signaalia. (Leaniksi 2016)
TIG	Tungsten Inert Gas Arc Welding (Esab 2016).
VSM	Arvovirtakuvaus (Leaniksi 2016).
SMED	Single Minute Exchange of Dies (Leaniksi 2016).
S 355 MC	Kuumavalssattu teräs, joka sopii hitsaukseen ja kylmämuokkaukseen. 355 on myötölujuus. (metricmetal 2016)

1 JOHDANTO

Teollisuuden eri alojen toimijat investoivat yhä enemmän lasertyöstömenetelmiin, koska teknologian eksponentiaalinen kehitys madaltaa lasertyöstölaitteiden hintoja. Myös lasertyöstömenetelmien teknillistaloudelliset hyödyt lisäävät lasertyöstömenetelmien käyttöä. Laserhitsaus on yksi käytetyimmistä lasertyöstömenetelmistä, ja sitä käytetään mm. autoteollisuudessa sekä sota- ja avaruusteollisuudessa.

Lean-tuotannonohjauksella pyritään jatkuvaan tuotannon kehittämiseen ja hukan poistamiseen. Hukkaa voivat olla esimerkiksi tuhlatu raakamateriaali tai tuotannossa turhat toimenpiteet, jotka lisäävät tuotteen läpimenoaikaa. Arvovirtakuvauksella saadaan kuvattua koko tuotantoprosessi sekä havainnollistettua materiaali- ja informaatiovirtoja

Tämä opinnäytetyö on tehty Koneteknologiakeskus Turku Oy:n tarpeeseen kehittää laserhitsatun tuotteen valmistusta. Koneteknologiakeskus halusi myös selvittää tuotteen suunnittelun ja valmistuksen kustannukset. Koneteknologiakeskus Turku Oy:n yhteistyökumppani on tilannut teräsrakenteiden laserhitsauksen. Tilaus on 154 tuotteen suuruinen, ja tämä opinnäytetyö käsittelee tämän tilauksen valmistusta.

Teoriaosuudessa esitellään laserhitsauksen tyypillisimmät käyttökohteet ja laserhitsauksen tuomat edut yrityksille sekä käydään läpi laserhitsauksen vaatimukset. Työssä esitellään tuotteen valmistukseen tarvittavat laserhitsauksen lisälaitteet, hitsauskiinnittimet ja niiden suunnittelun perusperiaatteet. Myös Lean-tuotannon periaatteet esitellään ja kerrotaan Lean-ajattelun historiasta. Lean-ajatteluun kehitetyt työkalut esitellään, minkä jälkeen syvennytään arvovirta-analyysin sekä kerrotaan sen keskeisimmät periaatteet ja tavoitteet.

Käytännön osuudessa esitellään laserhitsattava tuote, tuotantoympäristö sekä laserhitsattavan tuotteen valmistusprosessi. Teoriaosuudessa esiteltyjä Lean-tuotannon periaatteita sovelletaan tuotannon tehostamisessa. Case osuudessa

tehdään arvovirta-analyysi, jonka avulla tuotannon pullonkaulat ja ongelmakodot on helppo havaita. Myös piilevän potentiaalin tunnistaminen kartoitettiin arvovirta-analyysin avulla. Kustannusarvion jälkeen yrityksen on helpompi hinnoitella tulevaisuudessa kyseinen tuote. Kustannusarvio voi olla apuna myös vastaavanlaisille laserhitsattaville tuotteille.

Laserhitsattu tuote on neljästä teräslevystä kokoonpanttu teräsrakenne. Tuotteen valmistusprosesseihin perehtyminen on tehty haastatteluiden perusteella ja eri tuotannon vaiheiden seuraamisella Koneteknologiakeskuksessa. Opinnäytetyön tekijä osallistui myös tuotannon eri vaiheisiin työharjoittelun kautta. Case-osuudessa esitellään toimenpiteet ennen tuotteen valmistuksen aloittamista ja tuotteen valmistuksen eri vaiheet. Työssä perehdytään tuotannon ongelmakohtiin sekä pyritään esittämään erilaisia ratkaisuja ongelmakohtiin.

2 LASERHITSAUS

2.1 Mitä on laserhitsaus

Laser on lyhenne englannin kielen sanoista *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Suomennettuna se tarkoittaa valon vahvistamista säteilyn stimuloidulla emissiolla. (Marko Hamilo, Tiede 2016.)

Laserhitsauksesta voidaan käyttää myös nimitystä *sädehitsaus*. Laserhitsauksen yleisempiä teollisuuden sovelluksia ovat autonkorin levyosat, voimansiirto ja muut koneenosat sekä sota- ja avaruustekniikka. Laserhitsausteknologia kehittyy nopeaa vauhtia, koska se on maailmalla yksi tutkituimpia lasertyöstömenetelmiä. Suurilla auton valmistajilla on pitkät kokoonpanolinjastot, missä voi olla useita robotisoituja laserhitsausyksiköitä. Tämän lisäksi yhä useammat pienemmät toimijat teollisuuden eri aloilla ovat alkaneet investoida lasertyöstölaitteistoihin. Laserhitsausteknologian nopea kehitys on laskenut laitteiden hintoja, myös lasertyöstölaitteistojen tuotantotaloudelliset edut ovat edesauttaneet laserhitsaus menetelmien yleistymistä. (Kujanpää ym. 2005, 23.)

Alla olevassa kuvassa on automatisoitu laserhitsausyksikkö joka hitsaa autonkoria. Näin tuotanto nopeutuu ja tehostuu autotehtaalla.



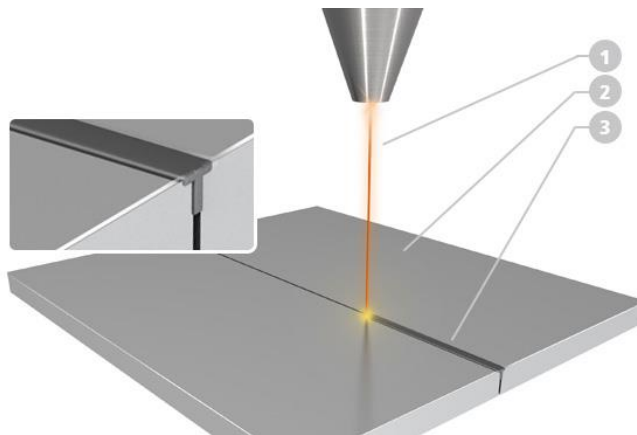
Kuva 1. Laserhitsaus autotehtaalla. (Industrial-lasers 2016)

Laserhitsauksen käyttäminen tuotteen valmistuksen prosessissa tuo yritykselle säästöjä, koska laserhitsaus pienentää välivarastojen kokoa. Lisäksi laserhitsaus lyhentää hitsaus- ja asetusaikoja ja mahdollistaa tuotteen osien moduloinnin. Laserhitsauksen korkea laaduntuottokyky pienentää hukkaprosenttia, lyhentää tuotteen valmistuksen läpäisyäikää ja parantaa yrityksen toimitusvarmuutta. Laserhitsauksen merkittävimmät edut ovat: pieni lämmöntuonti, suuri hitsin syvyys/leveys-suhde, pienet muodonmuutokset ja suuri hitsausnopeus. Laserhitattujen tuotteiden osavalmistuksen tarkkuusvaatimukset yleensä edellyttävät railonvalmistuksen koneistamalla tai laserleikkaamalla. Tästä johtuen tuotannon määrät on oltava kohtuullisen isot jotta laserhitsaus olisi tuotantotehokasta. (Kujanpää ym. 2005, 23.)

2.1.1 Laserhitsattavan liitoksen valmistus ja vaatimukset

Liitoksensuunnittelu ja railonvalmistuksen onnistuminen on ehdoton edellytys laserhitsauksen laadukkaiden liitosten tuottamisen kannalta. Laserhitsausprosessi on hyvin tarkka, näin ollen se tuo suuria vaatimuksia railonvalmistukseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että railonvalmistus pitää tehdä koneistamalla tai laserleikkaamalla. Jos sädehitsauksessa ei käytetä lisäainetta, hitsausrillon pitäisi olla ilmaraaton. Tärkeimmät laserhitsauksen liitosmuodot ovat päittäis-, päällekkäis-, laippa- ja T-liitokset. Laserhitsin sula on kapea ja syvä tällöin epäpuhtauksilla on vähän aikaa poistua sulasta. Tämän takia nyrkkisääntönä voidaan pitää, että mitä puhtaammat pinnat, sitä korkeampi laatuinen hitsi. (Kujanpää ym. 2005, 174.)

Kuvassa 2 on päittäisliitos ilman ilmarakoa, näin hitsauksessa ei tarvitse käyttää lisä-ainelankaa. Laserhitsauksen hitsistä tulee kapea mutta syvä.



Kuva 2. Hitsausliitos. (Or-laser 2016)

2.1.2 Hitsauskiinnittimet

Suurten rakenteiden tarkka asemointi on vaikeaa hyvälläkin kiinnitintekniikalla. Tästä syystä useasti laserhitsauksessa tapahtuvat hitsausvirheet johtuvat hitsauskiinnittimestä. (Kujanpää ym. 2005, 24.)

Panostamalla hyvin tehtyyn hitsauskiinnittimeen voidaan parantaa merkittävästi laitteiston käytösuhdetta. Hitsauskiinnittimellä on lopputuotteen laatuun merkittävä vaikutus, näin ollen kiinnitin luo perustan tuotteen sädehitsaukselle. Laserhitsaus prosessin yksi yleisimmistä ongelmista on se, että kappaleen käsittelyyn kuluu 90 % hitsaustyöasemalla käytetystä ajasta. Tämä johtuu useasti huonosti suunnitellusta kiinnittimestä. Valitettavan usein laserhitsauskiinnitin suunnitellaan raajan voiman käyttöön perustuen. Jossain tapauksissa voidaan hyvin suunnitellulla silloitustekniikalla merkittävästi yksinkertaistaa kiinnitinvaatimuksia, varsinkin yksittäis- ja piensarjatuotannossa. Suurissa massatuotannoissa kannattaa panostaa hyvään kiinnitintekniikkaan, koska se vähentää työvaiheita ja sitä kautta laskee tuotannon kustannuksia. (Kujanpää ym. 2005, 109.)

2.1.3 Hitsauskiinnittimen suunnittelu

Hitsauskiinnittimen tehtävänä on paikoittaa tuotteen osat ennen hitsausta oikeaan paikkaan ja pitää osat paikoillaan myös hitsauksen aikana. Kiinnittimen suunnittelussa on hyvä huomioida laserhitsauksen erityispiirteet jotka ovat suuri hitsausnopeus sekä hitsin ja säteen kapeus. Kiinnitin ei saa asettaa rajoituksia tuotteen hitsattavuudelle, eikä se saa muuttaa hitsattavan tuotteen muotoa. Sädehitsauksessa kiinnittimen paikoitustarkkuusvaatimukset ovat paljon tarkemmat kuin kaarihitsaukseen verrattuna. Yleensä kiinnittimen paikoitustarkkuusvaatimus sädehitsauksessa on $\pm 0,1$ mm. (Kujanpää ym. 2005, 109.)

Laserhitsauskiinnittimen suunnittelu on hyvä aloittaa perusperiaatteesta, että tuotteen muodot ja mitat tunnetaan myös hitsattuna. Koska sädehitsauksessa

tuote eikä kiinnittimen tarvitse vastaanottaa suuria hitsauksen lämpösykleistä johdavia voimia. Usein sädehitsausta käytetään ohuiden ja tarkkojen mittojen osien hitsauksessa. Tällöin kiinnittimen suunnitteluvaiheessa tarvitsee ottaa huomioon vaatimus, että kiinnitin ei saa aiheuttaa muodonmuutoksia hitsattaviin kappaleisiin hitsauksen aikana. Tästä syystä laserhitsauskiinnittimen voiman tuottamiseen yleensä käytetään paineilmaa, sen paremman hallittavuuden vuoksi kuin esimerkiksi hydraulikka- tai mekaanisia puristimia. (Kujanpää ym. 2005, 109.)

2.1.4 Laserhitsauksen lisälaitteet

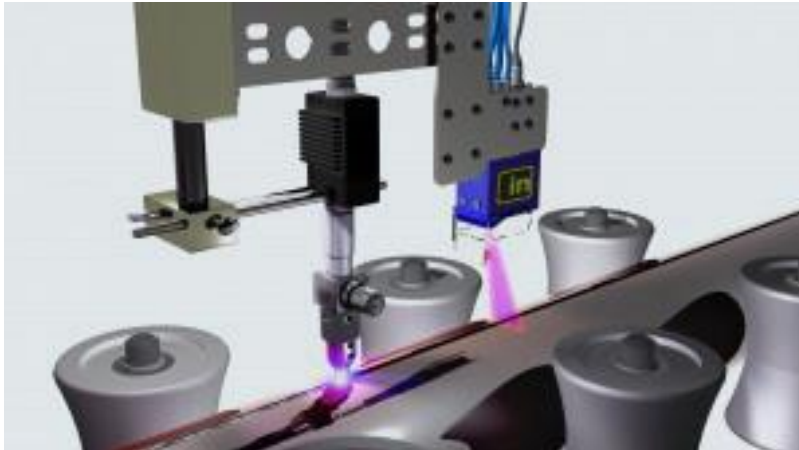
Suurten levyjen laserhitsaaminen voi olla haastavaa koska liitoksen geometria voi olla epämääräinen. Tätä ongelmaa varten on kehitetty erilaisia lisälaitteita helpottamaan laserhitsaus prosessia. Laserhitsauksen lisälaitteet ovat tuoneet helpotusta kolmeen isoon ongelmaan laserhitsauksessa: railon löytyminen, tunnistaminen ja täyttö. (Kujanpää ym. 2005, 23 – 24.)

2.1.5 Railonseuranta

Laserhitsauksessa käytetyt railonseuranta lisälaitteet voivat olla alun perin kehitetty perinteisille kaarihitsausmenetelmille. Optiseen CCD-tekniikkaan tai ultraääneen perustuvat sovellukset yleensä ovat kaarihitsaus menetelmille alun perin kehiteltyjä. Jos näitä sovelluksia käytetään laserhitsauksen apuna, on huomiotava laserhitsauksen erikoispiirteet. Erikoispiirteet ovat huomattavasti nopeampi hitsausnopeus ja laserhitsauksen tiukemmat toleranssivaatimukset. Laserhitsauksessa hitsausnopeus on aina yli 0,5 m/min. Yleensä nopeus on noin 2 m/min, hitsausnopeus voi olla jopa 16 m/min. Suuri hitsausnopeus lisää tarvetta nopeuttaa anturin tuottaman informaation käsittelyä. Informaation prosessointiin on oltava tarkoituksenmukainen tietokone. Laserhitsauksen korkeiden toleranssien takia railonseuranta lisälaitte on yhä useimmille laserhitsaussovellusten käytön edellytys. (Kujanpää ym. 2005, 116.)

Laserhitsauksessa käytettävän railonseurannan vaatimuksia ovat: nopea seuranta, hyvä tarkkuus, useiden erilaisten liitosmuotojen automaattitunnistus, integroitavuus työaseman ohjaimeen, railotilavuuden laskenta, ilmaaraottoman liitoksen seuranta ja pieni koko. (Kujanpää ym. 2005, 116.)

Kuvassa 3 oikealla kulkeva säde tulee optisesta railonseurantalaitteesta.

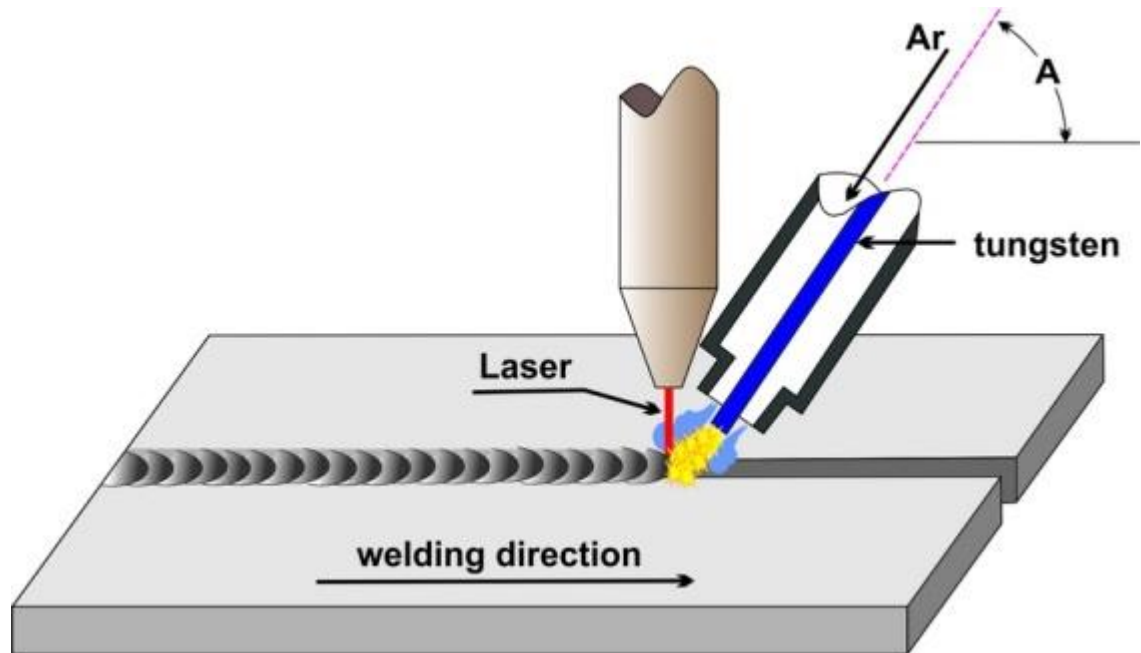


Kuva 3. Optinen railonseurantalaite. (Invisuale 2016)

2.1.6 Lisäaineensyöttö

Jos laserhitsattavan kappaleen hitsausrailo on epäsymmetrinen, voidaan hitsausta helpottaa tuomalla lisäainetta lasersäteen polttopisteeseen. Kun laserhitsauksessa tuodaan lisäainelankaa polttopisteeseen, puhutaan hybridihitsauksesta. Lisäainelanka kannattaa syöttää avaimenreikään hitsaussuuntaan nähden edestäpäin, jolloin lanka kohtaa lasersäteen railon sisällä. Näin saavutetaan mahdollisimman hyvä ja siisti lopputulos. Lisäainelanka on syötettävä tarkasti lasersäteen polttopisteeseen tarkkojen toleranssien takia. Säteen suunnassa langan saa syöttää 0,5 mm polttopisteen yläpuolelle tai 1,5 mm sen alapuolelle. Sivusuunnassa langan syöttö vaatii vieläkin tarkemmat toleranssit. Langan kohdistus saa poiketa fokus pisteen keskilinjasta vain 0,1 mm. Virheellinen langansyötön kohdistus laserhitsauksessa aiheuttaa vajaan tunkeuman tai kylmäjuoksun hittiin. Hitsin kupu ja juuri voidaan säätää tarkoituksenmukaisiksi langansyöttönopeuden avulla. (Kujanpää ym. 2005, 114.)

Kuvassa 4 oikealla tuodaan lisäainelanka tarkasti fokuspisteen keskilinjaan.



Kuva 4. Lisäaineensyöttö. (Intechopen 2016)

3 LEAN-TUOTANTO

3.1 Lean-tuotannon periaatteet

Lean-ajattelun juuret löytyvät JIT-tuotantomallista joka tarkoittaa *just in time*. JIT-tuotanto yleistyi 1900-luvun alussa Pohjois-Amerikassa kun Ford autotehdas alkoi valmistaa autoja liikkuvalla kokoonpanolinjalla. 1930-luvulla Japanissa yritykset joilla oli massatuotantoa, alkoivat myös käyttää JIT-Tuotantomallia. Maailman laajuisen huomion ja sitä kautta yleiseen käyttöön vakiintunut JIT-tuotantomalli tuli 1970-luvulla, kun Toyota autonvalmistaja saavutti huikeita taloudellisia tuloksia käyttämällä ja kehittämällä JIT-tuotantomallia. Yleisesti Toyotaa pidetään yrityksenä, joka kehitti JIT-tuotantomallista päivitetyn Lean-ajattelun. (Chase 2011, 454.)

Viimeisen viidenkymmenen vuoden aikana merkittävin uudistus tuotannonohjaukseen on ollut Lean-tuotantomalli. Tuotantoketjussa Lean-tuotannolla pyritään vähentämään mahdollisimman paljon hävikkiä eli hukkaa. Turhat toiminnot, tarpeettomat prosessin vaiheet ja tuotantoketjun varaston hallinta ja minimointi ovat avainasemassa kun lähdetään kehittämään yrityksen tuotantoa kohti Lean-tuotantoa. Lean-tuotannossa pyritään lisäämään toimintoja jotka tuovat lisäarvoa tuotteelle tai asiakkaalle, ja samalla pyritään pääsemään kokonaan eroon toiminnoista jotka eivät tuo arvoa tuotteelle tai asiakkaalle. Lean-tuotanto on yksi parhaimmista työkaluista mitä yritys voi käyttää, toteuttaessaan vihreisiin arvoihin perustuvaa visiota tuotanto- ja palveluprosesseissa. (Chase 2011, 454.)

Lean-tuotannossa yksi keskeisempiä käsitteitä on asiakkaan tuntema arvo, joka on sellaista mistä asiakas on valmis maksamaan. Siksi on tärkeää tunnistaa valmistusprosessin kaikki vaiheet, ja määritellä mitkä niistä tuovat lisäarvoa asiakkaalle ja mitkä eivät. Lisäarvoa tuovat toiminnot muuttavat materiaalin ja informaation joksikin mistä asiakas on valmis maksamaan. Kun taas toiminnot jotka eivät tuota lisäarvoa kuluttavat vain resursseja, eivätkä vaikuta laadulliseen lopputulokseen mistä asiakas on kiinnostunut. Tämän tyyppisiä toimintoja voidaan kutsua hukaksi. (Chase 2011, 454 – 455.)

Hukka eli hävikki on Lean-ajattelun ensimmäinen prioriteetti mitä pyritään vähentämään ja jopa poistamaan kokonaan jatkuvalla oppimisella ja organisaation kehittämällä. Hukaksi voidaan määritellä kaikki sellainen joka ei tuo lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta. Toyotan entinen johtaja Fujio Cho määritteli seitsemän yleisintä hukkaa mitkä pitäisi saada poistettua tuotantoketjusta. Seitsemän yleisintä hukkaa ovat:

- Ylituotanto.
- Varastointi.
- Ylimääräiset prosessin vaiheet.
- Koneiden ylimääräiset liikeradat tuotannossa.
- Tuotannossa syntynyt valmistusvika.
- Kuljetukset.
- Odotus.

Lean-ajattelussa on kriittistä ymmärtää lisäarvoa tuovan prosessin ja ei lisäarvoa tuovan prosessin erot. (Chase 2011, 455.)

Lean-ajatteluun on kehitelty monia työkaluja ja tekniikoita joilla voidaan esimerkiksi mitata jonkin prosessin eri muuttujia. Näillä tekniikoilla ja työkaluilla on helppo kerätä dataa koko tuotantoprosessista ja näin jatkuvasti parantaa omaa tekemistä. Muutama maininta erilaisista Lean-työkaluista: 5S, VSM, Kanban, SMED, imuohjaus, Heijunka. VSM eli arvovirta-analyysin tutustutaan myöhemmässä osiossa syvemmin. On turha kuvitella että jonkin Lean-työkalun käyttäminen parantaisi yrityksen tilaa merkittävästi. Työkalun käyttö luo tilan, joka paljastaa ongelmat, jotka prosessissa on parannettava. Yrityksen on tunnistettava tuossa tilassa ongelmat ja keksittävä ratkaisut niiden parantamiseen. Siksi yrityksen tarvitsisi ymmärtää Lean-ajattelun perustavaa laatua oleva ajattelu- ja käytäytymismalli joka on: Tähdätä jatkuvaan parantamiseen ja sopeutumiseen. (Qk-karjalainen 2015.)

Toyota on tehnyt tästä ajattelu- ja käyttäytymismallista havainnollistavan kuvan joka on alapuolella.



Kuva 5. Toyotan malli prosessien parantamiseksi. (Qk-karjalainen 2015)

Päämäärämalli tai prosessimalli, on yksinkertaisuudessaan oppimisen ja luovuuden ydin. Mallissa huomio kiinnitetään siihen, kuinka tavoite saavutetaan prosessilla. Prosessimallissa Leanin ja Toyotan työkalut ja tekniikat tuovat esille ongelmat ja puutteet, joihin tarvitaan ongelmanratkaisua siirryttäessä nykytilasta kohti tulevaisuudentilaa. (Qk-karjalainen 2015.)

3.2 Arvovirta-analyysi

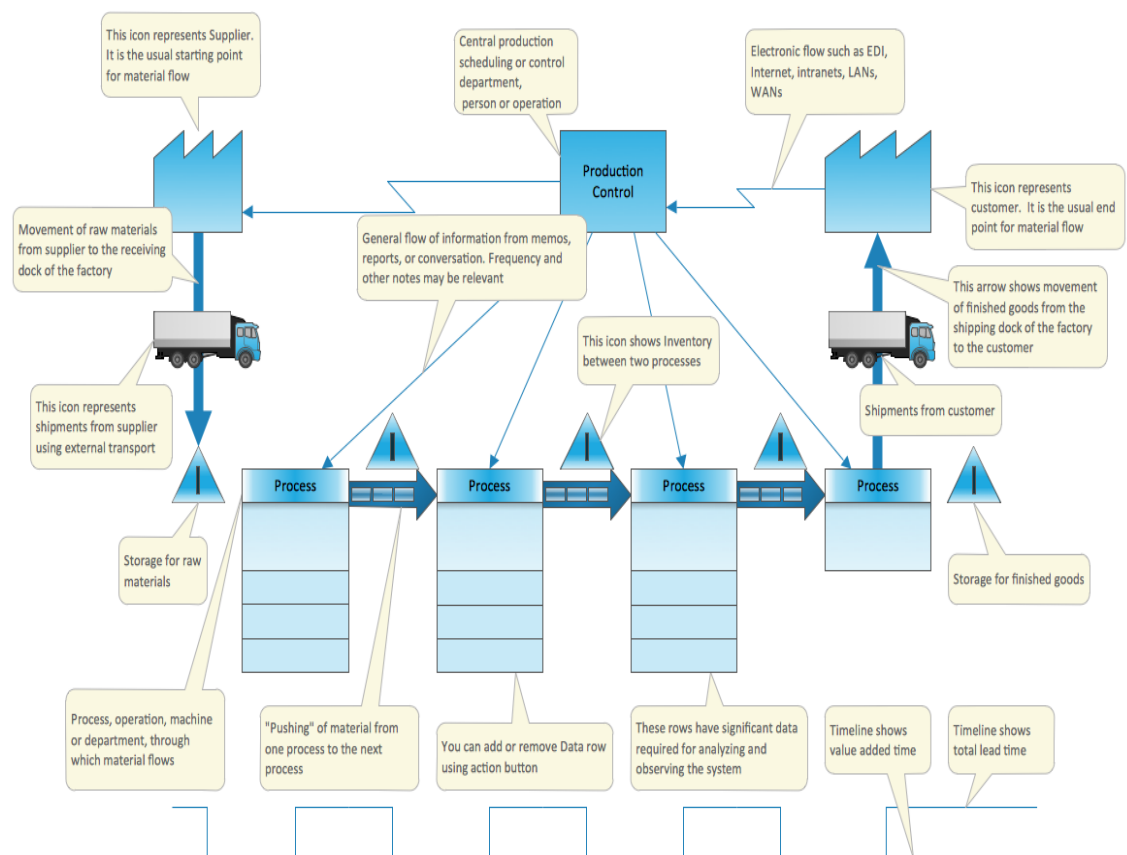
Arvovirta-analyysi Englanniksi *Value Stream Mapping* (VSM) on prosessikaavio työkalu. Arvovirta-analyysi on erinomainen työkalu kun kehitetään Lean-prosessia. Arvovirta-analyysillä voidaan hahmottaa tuotantovirrat läpi tuotantoketjun jokaisessa eri valmistusvaiheessa. Arvovirta-analyysi myös havainnollistaa prosessista syntyvät informaatiot virrat, kuin myös prosessinohjaukseen käytetyt informaatiot virrat. (Chase 2011, 459.)

Arvovirta-analyysi on systemaattinen prosessin kyvykkyyden analysointimenetelmä. Arvovirta-analyysissä kuvataan yrityksen prosessit sekä niiden materiaalivirta ja informaatiotvirta. Analyysia tehdessä on hyvä piirtää arvovirtakuvaus josta, selviää mitkä organisaation prosessin vaiheet tuottavat arvoa ja mitkä eivät, eli selvitetään prosessin toimivuus. Arvovirtakartta esittää hyvin konkreettisesti yrityksen prosessit sekä havainnollistaa erittäin selkeästi prosessin pullonkaulat. Arvovirtakartta tuo esiin myös tuotannon tehokkuuden ja piilevän potentiaalin. Sekä kertoo mihin kehittämistoimiin tulisi ensisijaisesti panostaa. (Laaksonharju 2016.)

Alapuolella on kuva arvovirtakuvauksesta. Arvovirtakuvauksessa on kuvattu yrityksen ylemmätason toiminnot, jotka ovat tilauksen vastaanottaminen, tilauksen tekeminen sekä tuotannonohjaus. Yrityksen alemmätason toiminnot on myös kuvattuna arvovirtakuvaukseen. alemmätason toimet ovat tuotannon valmistusprosessit. Kuvassa olevat siniset, ohuet viivat symboloivat informaatiovirtoja. Tuotannonprosessien välissä olevat paksummat nuolet symboloivat materiaalivirtoja, myös rekka-autoista lähtevät nuolet kuvaavat materiaalivirtoja. Kolmiot edustavat varastoja ja epämääräisen muotoiset laatikot asiakasta

ja

tavarantoimittajaa.



Kuva 6. Arvovirtakuvaus. (Conceptdraw 2016)

4 CASE

4.1 Toimeksiantaja

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Koneteknologiakeskus Turku Oy. Koneteknologiakeskus Turku Oy on Turun ja Varsinais-Suomen alueen oppilaitosten, yliopistojen, korkeakoulujen ja yritysten yhteinen uuteen teknologiaan fokusoitunut kouluttamis- ja kehittämiskeskus. Koneteknologiakeskus Turku Oy on ollut toiminnassa vuodesta 2005 lähtien. Toimipaikka sijaitsee Turun ammattikorkeakoulun Lemminkäisenkadun kampuksen vieressä, Lemminkäisenkatu 28:ssä. Alapuolen kuvassa on Koneteknologiakeskus Turku Oy. Koneteknologiakeskus Turku tarjoaa oppilaitoksille, tutkijoille ja yrityksille ajanmukaisen oppimis- ja kehitysympäristön sekä eri toimijoiden väliselle yhteistyölle erinomaiset puitteet. Yhtiön pääomistajat ovat Turun kaupunki, Turun Aikuiskoulutussäätiö ja Varsinais-Suomen Teknologiateollisuus ry. Yhtiön osakkaina on myös noin kahdeksankymmentä yritystä, jotka toimivat Varsinais-Suomen alueella. (Koneteknologiakeskus Turku Oy 2016.)



Kuva 7. Koneteknologiakeskus Turku. (Koneteknologiakeskus 2016)

4.2 Tuotteen kuvaus

Laivateollisuuden alihankkija toimittaa Koneteknologiakeskus Turku Oy:lle raken-
neteräslevyjä S 355 MC, jotka ovat valmiiksi taivutettuja. Teräslevyistä valmiste-
taan laivateollisuuden tarpeeseen teräsrakenteita. Toimitettujen teräslevyjen pi-
tuudet vaihtelevat. Alihankkija toimittaa myös päätykappaleet, jotka ovat samaa
terästä. Teräsrakenteet valmistetaan kahdesta pitkästä teräslevystä ja kahdesta
päätykappaleesta.

4.3 Tuotantoympäristön kuvaus

Laserhitsattava tuote valmistetaan Koneteknologiakeskus Turku Oy:n tiloissa.
Tuotteen valmistukseen on varattu noin 150 m² lattiapinta-alaa. Tuotannon layout
muodostuu kahdesta solusta, kokoonpano ja viimeistely tapahtuvat samassa so-
lussa ja laserhitsaus omassa solussa. Myös varastoalueelle on varattu oma tila
tuotannon layoutista. Laserhitsaussolu ei ole jatkuvasti kyseisen tuotannon käy-
tettävissä, koska siellä hitsataan muitakin kuin kyseistä tuotetta. Tämän lisäksi
laserhitsaussolussa tapahtuu opetusta, minkä ajaksi laserhitsauskiinnitin pitää
siirtää pois solusta. Näistä syistä johtuen tuotantoon on mahdotonta saada jatku-
vaa virtausta. Kokoonpanosolu on sijoitettu laserhitsaussolun ja varaston lähei-
syyteen hukan vähentämiseksi. Kokoonpano tapahtuu metallista valmistetun työ-
pöydän päällä. Kokoonpanosolu ja varastoalue sijaitsevat nosturin alapuolella.
Nosturin avulla tuotetta on helppo ja turvallista liikuttaa tuotantovaiheiden välissä.
Seuraavalla sivulla kuvassa 8 esitellään tuotannon layout.

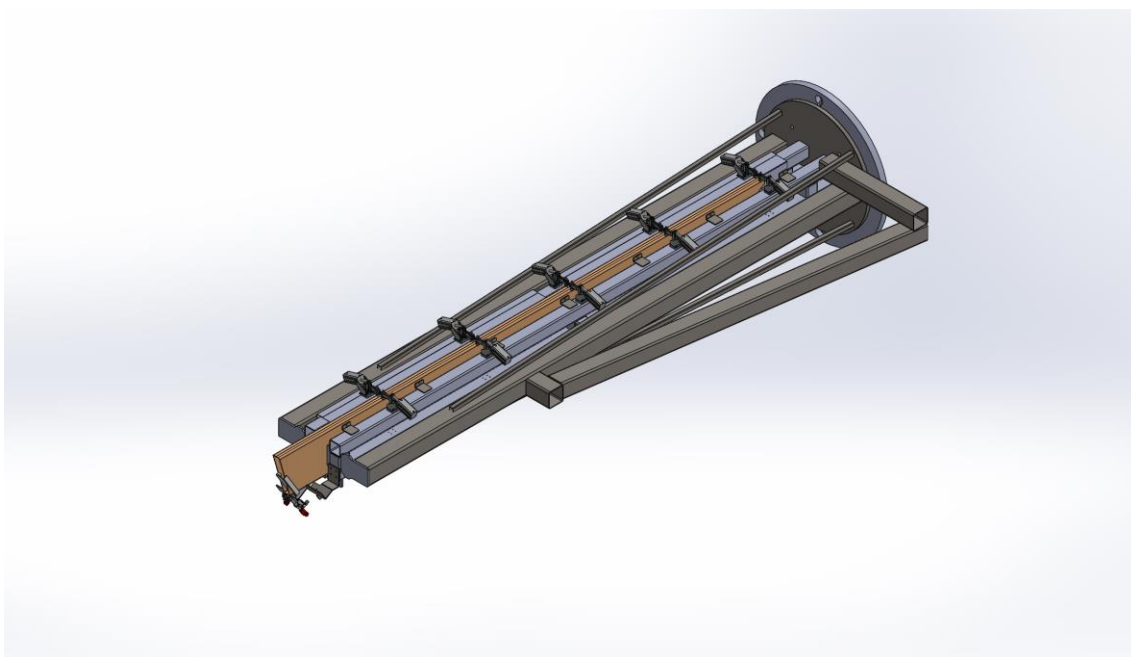


Kuva 8. Tuotannon layout.

4.4 Hitsauskiinnittimen suunnittelu ja valmistus

Laserhitsauskiinnitin on suunniteltu ja valmistettu Koneteknologiakeskus Turku Oy:ssä Asiakas maksoi suunnittelun ja valmistuksen sekä toimitti materiaalin kiinnikkeen valmistukseen. Suunnitteluun ja valmistukseen käytettiin noin 80 työtuntia. Kiinnitin on valmistettu RHS-putkipalkista, ja siihen on käytetty 40, 80 ja 120

millimetriä halkaisijaltaan olevia putkipalkkeja. Kiinnittimen rakennetta on vahvistettu kulmaraudoilla. Massiivisella hitsauskiinnittimellä on arviolta painoa 400 kilogrammaa, ja se on 3,7 metriä pitkä. Hitsauskiinnitin on kiinnitetty 2-akseliseen L-pöytään, joka kääntyy 180 astetta. Hitsattava tuote paikoitetaan kiinnikkeeseen yhdeksän paineilmalla toimivan puristimen avulla. Paineilmaletkun avulla tuotteen kaksi puoliskoa paikoitetaan kohdilleen niin, että hitsausliitokseen ei jää ilmarakoa. Alapuolella 3D-kuva laserhitsauskiinnittimestä, jonka Koneteknologiateknillinen suunnittelija on piirtänyt.



Kuva 9. 3 D-piirustus laserhitsauskiinnittimestä. (Laine 2015)

Alapuolella on kuva laserhitsaussolusta. Kuvassa edestäpäin näytettynä laserhitauskiinnitin, joka on asennettu 180 astetta kääntyvään L-pöytään.



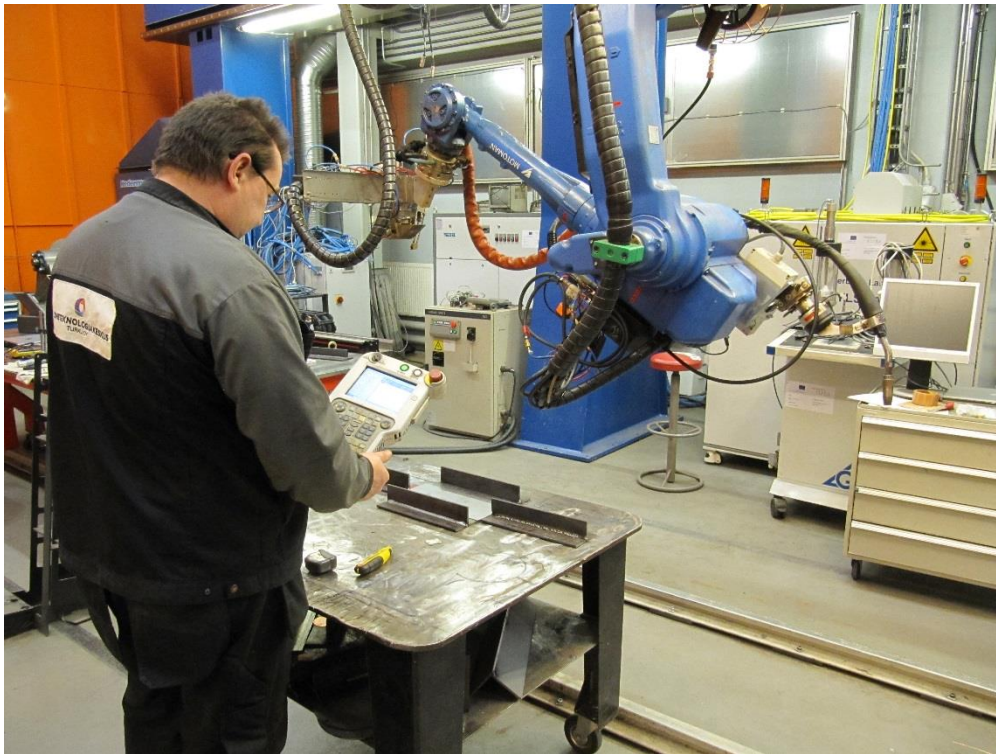
Kuva 10. Laserhitsauskiinnitin.

4.5 Laserhitsauksen suunnittelu ja ohjelmointi

Laserhitsauksen suunnittelu toteutettiin Koneteknologiakeskus Turku Oy:ssä. Laserhitsauksen suunnittelussa otettiin huomioon hitsisauman vaatimukset ja tarvittavat toimenpiteet. Hitsausnopeus ja hitsausteho määriteltiin hitsausohjelmoinnin yhteydessä vasta, kun asiakas toimitti ensimmäiset tuotteet Koneteknologiakeskus Turku Oy:lle. Testien jälkeen hitsausnopeudeksi vakiintui 35 millimetriä/sekunti ja hitsaustehoksi 4,5 kilowattia.

Robotisoidun laserhitsausyksikön ohjelmointiin käytettiin noin 40 työtuntia, joka pitää sisällään uudelleen ohjelmoinnit ja ohjelmoinnin tarkistukset. Laserhitsattavan tuotteen eri pituusmittojen takia ohjelmoitiin noin 20 eri ohjelmaa.

Kuvassa 11 hitsausoperaattori ohjelmoi uutta hitsausrataa Motoman-robotille.



Kuva 11. Laserhitsauksen ohjelmointi.

4.6 Tuotannon vaiheet

4.6.1 Varastointi

Tuotteelle on yksi varastointipaikka, joka toimii alku-, väli- ja loppuvarastona. Varastointiin on varattu noin 25 m² lattiapinta-alaa tuotantoympäristöstä. Varastoalue on kokoonpano- ja laserhitsaussolujen välittömässä läheisyydessä. Nostimen käyttö lisää työturvallisuutta ja mahdollistaa kokoonpanotyövaiheen suorit-

tamisen yhdellä työntekijällä. Alla olevassa kuvassa 12 tuote siirretään kokoonpanosta odottamaan seuraavaa työvaihetta, joka on laserhitsaus.



Kuva 12. Varastoalue.

4.6.2 Tuotteen päätyjen kokoonpano ja hitsaus

Tuotteen molempien puoliskojen päähän silloitetaan käsin hitsaamalla päätypalat TIG-hitsausmenetelmää käyttäen. Ennen silloitusta päätykappaleen hitsattavat pinnat pyyhkäistään puhtaaksi oksidikerroksesta lamellilaikalla. Silloituksen jälkeen tuote siirretään laserhitsauskiinnittimeen, ja robotisoitu laserhitsausyksikkö hitsaa päädyt teräsrakenteisiin. Tämän jälkeen laserhitsi viimeistellään jälkisulatuksella hitsin visuaalisen ilmeen parantamiseksi. Päätyjen kokoonpano ja hitsaus kestää keskimäärin 10 minuuttia. Kuvassa 13 on tuotteen päätykappale.



Kuva 13. Tuotteen päätykappale.

Kuvassa 14 päätykappale silloitetaan paikoilleen ja viimeistellään epäpuhtauksista lamellilaikkaa käyttäen kokoonpanosolussa ennen seuraavaa työvaihetta.



Kuva 14. Päätykappaleiden asennus.

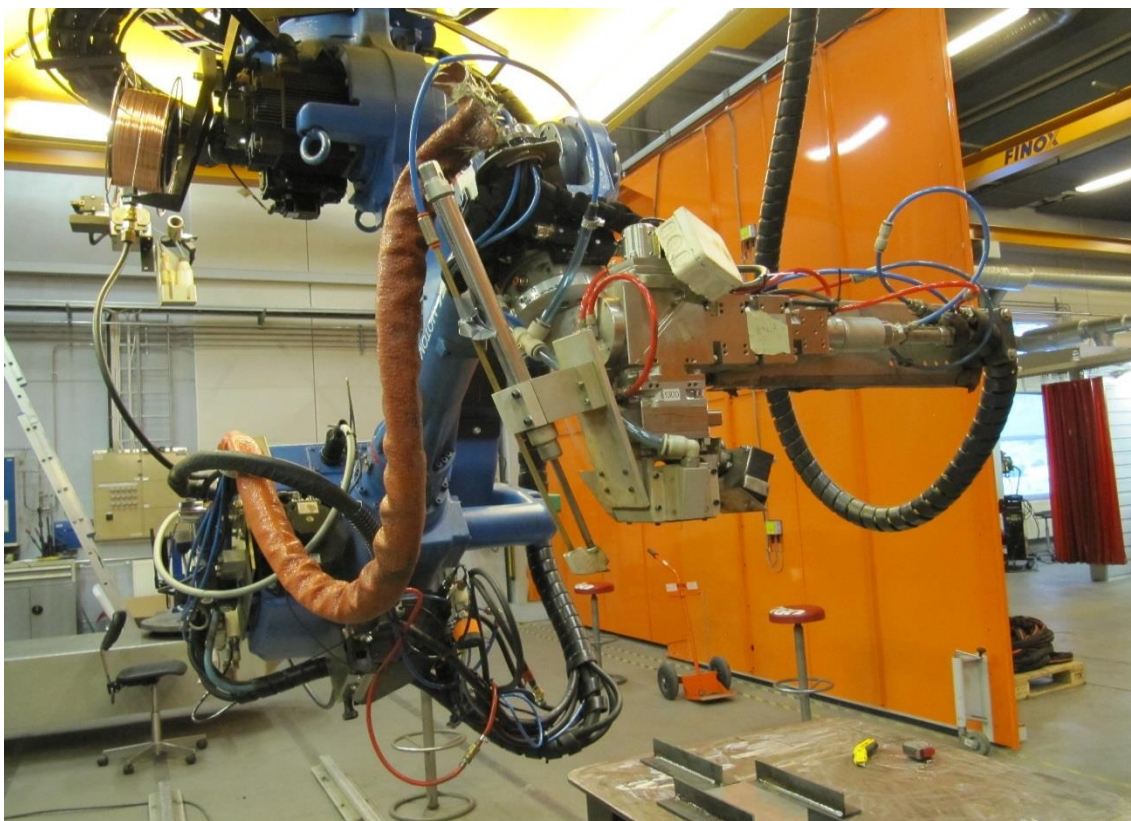
4.6.3 Laserhitsaus

Tuote on varastoitu kolmen metrin päähän laserhitsaus työpisteestä. Tuote siirretään varastosta laserhitaussoluun nostimella ja siirretään laserhitauskiinnittimen eteen. Tuote nostetaan käsin hitauskiinnittimeen ja kappale lukitaan paineilmalla toimivilla puristimilla kiinnittimeen. Laserhitaushuoneen ovi suljetaan ja huoneen ulkopuolella sijaitsevasta käyttöpääteestä käynnistetään robotisoitu laserhitausyksikkö. Ensimmäinen työvaihe on silloitus. Kappale silloitetaan kolmesta kohtaa kappaleen molemmilta puolilta. Seuraavaa työvaihe on varsinaisen hitausauman hitaaminen ja lopuksi hitsi vielä viimeistellään sulattamalla hitsi. Sulattamisvaihetta voidaan kutsua myös nimellä kosmeettisen hitauspalon tekeminen. Alla on laserhitauksen virtalähde joka on Saksalaisen IPG- yhtiön valmistama laservirtalähde. Virtalähteestä lähtee kaksi 400 mikromillin valokuitua laserhitaus- ja laserleikkausoptiikalle. Laserhitauksen maksimi teho on 10 kW.



Kuva 15. Laserhitausvirtalähde.

Kuvassa 16 on laserhitsaus optiikka kiinnitettynä Motomanin robottiyksikköön. Optiikka on Precitec-yhtiön valmistama ja siinä on 300 mm fokusoitua optiikkaa.



Kuva 16. Laserhitsausoptiikka.

4.6.4 Laserhitsauksen jälkeiset toimenpiteet

Tuote varastoidaan laserhitsauksen jälkeen odottamaan mahdollisia korjauksia ja viimeistelyä. Tuote viimeistellään kokoonpanotyöpisteellä. Tuote nostetaan nostimella 1,5 metrin päästä kokoonpanopöydälle. Tuote kiinnitetään mekaanisilla puristimilla pöytään ennen korjausten ja viimeistelyn aloittamista. Laserhitsattu sauma tarkistetaan silmämääräisesti hitsausvirheiden varalta. Yleisimmät hitsausvirheet olivat reunahaavat, roiskeet ja huokokset. Mahdolliset laserhitsauksen jäljiltä jääneet hitsausvirheet korjataan käsin hitsaamalla TIG-hitsaus menetelmällä. Korjaushitsauksen jälkeen tuote hiotaan kulmahiomakoneella lamellilaikkaa käyttäen. Tuote irrotetaan puristimista ja käännetään ympäri ja toistetaan aiemmat toimenpiteet. Henkilöresurssit ovat yksi työntekijää ja yhden tuotteen viimeistely vei noin 10 -15 minuuttia.

4.7 Arvovirta-analyysi

Koneteknologiakeskus Turku Oy:n haastavan toimintaympäristön takia tuotteen valmistukseen ei saatu jatkuvaa tuotevirtausta. Laserhitsaussolu ei ollut jatkuvasti käytettävissä opetuksen tai muiden töiden takia.

Arvovirtakuvauksessa on käytetty kolmea väriä kuvaamaan tuotannon prosesseja. Jos prosessi on saanut punaisen värin, se ei tuo lisäarvoa asiakkaalle. Keltainen väri kertoo että prosessi tuo osittain lisäarvoa, mutta olisi voitu toteuttaa paremmin. Vihreä väri tuo asiakkaalle lisäarvoa.

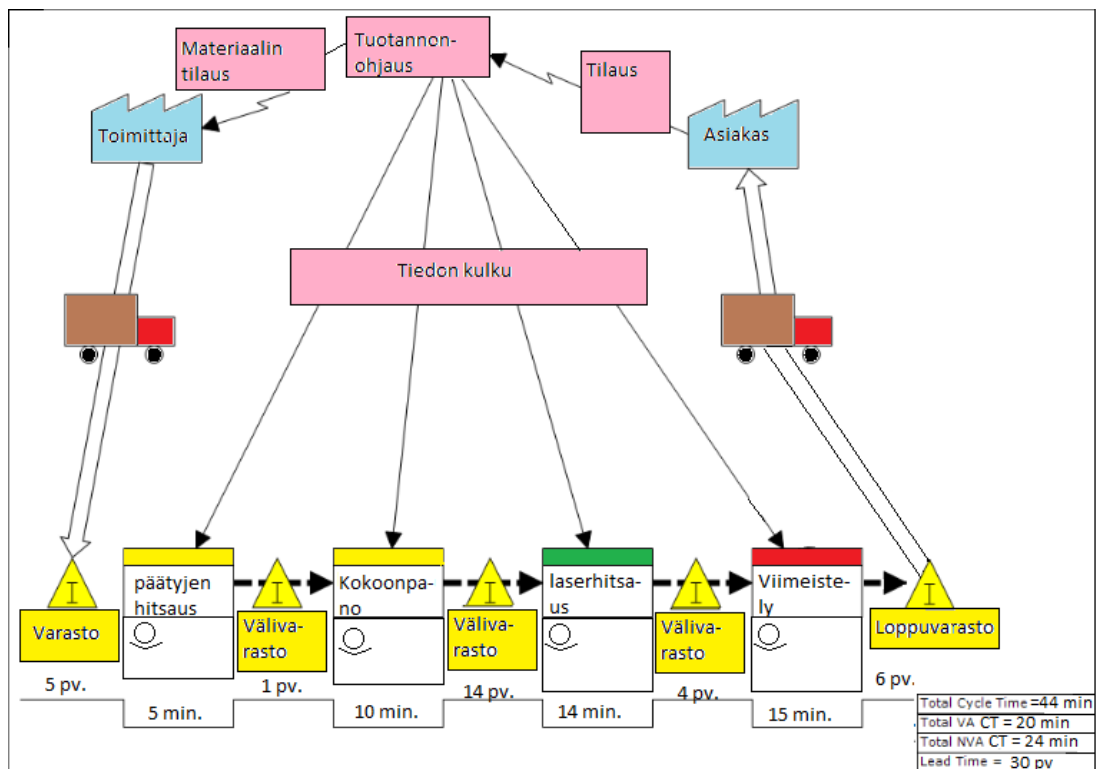
Tuotannon käynnistyttyä kolmen päivän laserhitsauksen jälkeen, laserhitsaus valokuitu vaurioitui. Tästä johtuen laserhitsaussolua ei voitu hyödyntää kahteen viikkoon. Näiden kahden viikon aikana päätykappaleet silloitettiin ja tuotteet kokoonpantiin. Tuotantoon muodostui pullonkaula kun tuotteet odottivat laserhitsaustoimenpidettä.

Päätyjen hitsaus- ja kokoonpano työvaihe on saanut arvovirtakuvauksessa keltaisen värin. Tuotteen päädyt olisi voitu silloittaa ja hitsata yhdellä toimenpiteellä samalla kun tuotteen puoliskot laserhitsataan ilman, että tuotetta tarvitsee siirrellä edestakaisin tuotantoketjussa.

Kokoonpanotyövaihe sai keltaisen värin koska prosessivaiheen olisi pystynyt jättämään pois tuotannosta, paremmalla hitsauskiinnittimellä. Näin se ei varsinaisesti tuo lisä arvoa asiakkaalle.

Viimeistelytyövaihe on saanut punaisen värin, koska se ei tuo asiakkaalle lisäarvoa laisinkaan ja kuluttaa Koneteknologiakeskuksen resursseja. Laserhitsauksen olisi pitänyt onnistua niin hyvin, ettei viimeistelyä ei olisi tarvittu.

Toinen pullonkaula muodostui tuotannon viimeisen kahden viikon aikana. Laserhitsauksen jälkeen tuotteeseen muodostui laajamittaisia hitsausvirheitä jotka korjattiin viimeistely prosessissa. Laajamittaisten hitsausvirheiden runsauden takia tuotteita kasaantui välivarastoon. Alapuolella arvovirtakuvaus laserhitsattavan tuotteen valmistusprosessista.



Kuva 17. Arvovirtakuvaus. (Quality Companion 2016) Kuvaa muokattu alkuperäisestä.

4.8 Kustannuslaskelma

Tuotteen valmistuksen ylivoimaisesti suurin kuluerä on laserhitsauslaitteiston käyttökustannukset 4620 €, joka on noin 40 % kaikista kustannuksista. Muut huomattavat kuluerät ovat tuotannon layoutin viemä lattiapinta-alan vuokratulot, työvoimakulut ja Argon hitsauskaasu. yhdelle laserhitsattavalle tuotteelle tulee hintaa kustannusarvion perusteella 74,4 €. Valmistusprosessia kehittämällä voidaan teoreettisesti valmistaa tuote noin 40 - 50 € hintaan. Alapuoalla on kustannuslaskelma laserhitsattavan tuotteen valmistuksesta.

Kuva 18. Kustannuslaskelma.

4.9 Tuotannon ongelmakohdat

Varastointi

Asiakas toimitti teräsrakenteet ja ne varastoitiin kokoonpanosolun läheisyyteen. Tilan puutteen takia alkuväara, keskeneräistuntuotteidenvarasto sekä loppuväara olivat samassa tilassa. Tästä johtuen ylimääräistä aikaa tuhlaantui oikean tuotteen etsimiseen. Varaston sijainti ja tuotteen pituus häiritsivät levyntyyöstösolun toimintoja. Kokoonpano keskeytyi muutamia kertoja kun varastoituja tuotteita jouduttiin väliaikaisesti siirtämään haarukkanostimen tieltä. Varastosta tuotteiden siirtäminen laserhitsaussoluun oli hidasta ja tuotteita jouduttiin siirtämään pienissä erissä moneen kertaan. Pienimuotoisia ongelmia ilmeni tuotteiden puutteellisen merkitsemisen takia.

Päätykappaleiden hitsaus

Päätykappaleiden silloitus kokoonpanopöydällä mekaanistenpuristimien avulla ei ollut riittävän tarkkaa. Päätypalat eivät aina olleet kohtisuorassa teräsrakenteiden

kanssa, joka johti hitsausvirheisiin. Laserhitsausohjelma jätti noin 10 - 20 mm. päätykappaleen kulmasta hitsaamatta.

Kokoonpano

Toimitetut teräsrakenteen särmäykset eivät aina täyttäneet laserhitsauksen vaadittavia railonvalmistuksen vaatimuksia. Kokoonpanosolun sijainti oli ongelmallinen koska se sijaitsi nosto-oven läheisyydessä mistä kulki tavaraliikenne. Tästä johtuen tuotantoon tuli keskeytyksiä.

Laserhitsaus

Laserhitsauskiinnitin oli liian lyhyt, pisimmät teräsrakenteet jäivät jopa 80 cm kiinnittimen ulkopuolelle. Teräsrakenteiden nostaminen laserhitsauskiinnittimeen oli hankalaa. Laserhitsu ei täyttänyt laatuvaatimuksia suuressa osassa tuotteita. Teräsrakenteiden hitsausjärjestys toi haasteita laserhitsaus ohjelmointiin.

Viimeistely

Vei enemmän aikaa kuin varsinainen laserhitsaus. Kulutti liikaa resursseja, eikä tuonut lisäarvoa asiakkaalle.

4.10 Kehittämisehdotukset tuotannon ongelmakohtiin

4.10.1 Varastointi

Varastointialue olisi voitu järjestää kahteen eri paikkaan. Keskeneräisille tuotteille oma varastoalue laserhitsaussoluun, mikä olisi jaettu laserhitsausta odottaviin ja viimeistelyä odottaviin tuotteisiin. Laserhitsaussolussa olevaan varastoon olisi hyvä saada nostin, millä teräsrakenteet pystyisi nostamaan laserhitsauskiinnittimeen. Toinen varasto olisi ollut kokoonpanosolun vieressä johon olisi varastoitu raakamateriaali ja valmistuneet tuotteet. Kun varastoalue olisi jaettu kahteen

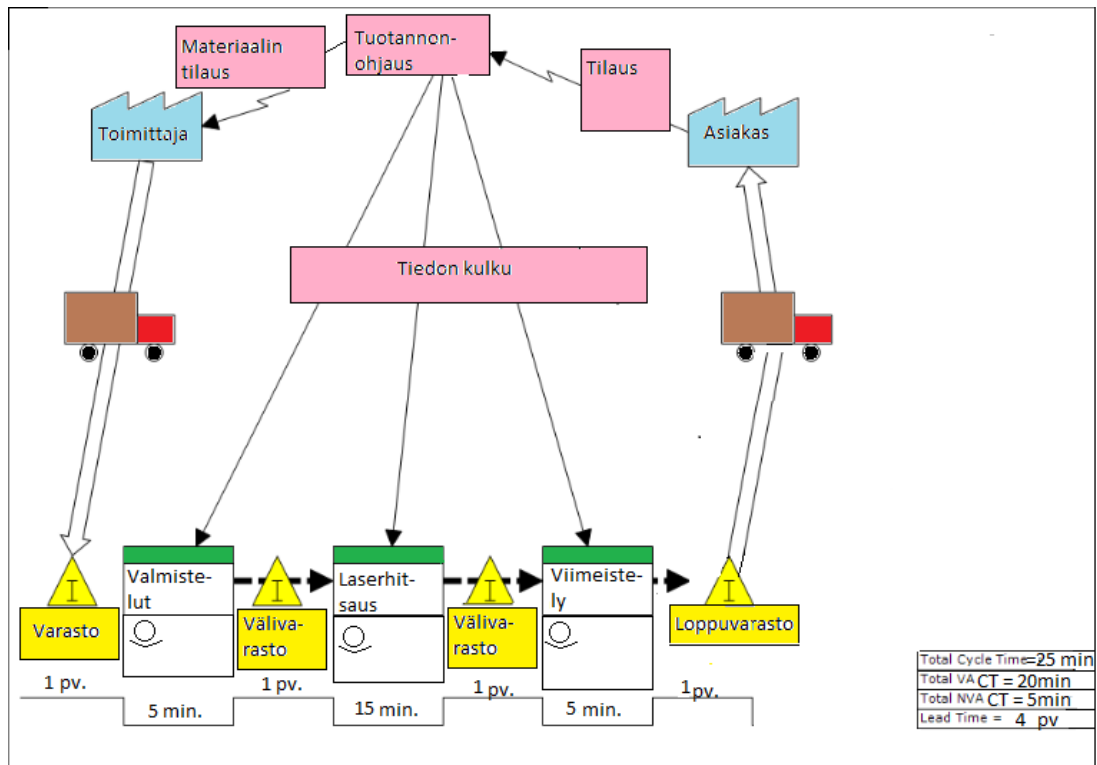
osaan, kokoonpanosolun viereinen varastoalue ei olisi tarvinnut niin suurta lattia-pinta-alaa. Näin muut toiminnot Koneteknologiakeskuksessa eivät olisi häiriintyneet varastoitujen teräsrakenteiden takia, eikä tuotantoon olisi tullut turhia keskeytyksiä varastoitujen tuotteiden takia. Näillä toimenpiteillä saadaan karsittua turhia tuotteiden siirtoja ja saadaan säästettyä aikaa sekä parannetaan työturvallisuutta.

4.10.2 Tuotanto

Tuotannon viisi työvaihetta pystyttäisiin uudelleenjärjestelyin suorittamaan kolmella työvaiheella. Tämä edellyttää tarkoituksenmukaista laserhitsauskiinnittintekniikkaa. Oikeanlaisella laserhitsauskiinnittimellä tuotetta ei tarvitsisi silloittaa TIG-hitsausmenetelmällä kokoonpano työvaiheessa. Tuotannon vaiheet: päätykappaleiden hitsaus, kokoonpano ja laserhitsaus pystytään korvaamaan yhdellä työvaiheella. Laserhitsauksen laadun ongelmat on ratkaistavissa laserhitsauksen lisälaitteilla. Käyttämällä railontunnistamisoptiikkaa tai lisääinetuontilaitteistoa hitsausliitoksen valmistuksen vaatimukset eivät ole niin korkeat, mikä helpottaa hitsattavuutta. Näin resursseja ei mene hukkaan korjaaviin toimenpiteisiin. Hyvällä hitsauskiinnittimellä päästäisiin kokonaan eroon kokoonpano työvaiheesta. Laserhitsauksen lisälaitteisto parantaisi laserhitsauksen laatua, mikä vähentäisi viimeistely toimenpiteen viemiä resursseja. Tuotteen viimeistely vei 20 % tuotteen valmistuskuluista.

4.11 Tuotannon kehittämisehdotukset kuvattuna arvovirtakuvaukseen

Laserhitsattavan tuotteen optimaalinen valmistuksen kuvaaminen. Tuotteelle tehdään esivalmistelut laserhitsausta varten. Lamellilaikalla poistetaan oksidikerros teräsrakenteiden pinnalta ja tarvittaessa tasoitellaan särmäysjälkeä. Teräsrakenteen puoliskot ja päätykappaleet paikoitetaan ja lukitaan hitsauskiinnittimeen ja laserhitsaus suoritetaan lisäainelankaa käyttäen. Tuote viimeistellään kevyesti lamellilaikalla. Alla arvovirtakuvaus parannetusta laserhitsattavan tuotteen valmistuksesta.



Kuva 19. Tuotannon tehostaminen, kuvattuna arvovirtakuvauksella. (Quality Companion) Kuvaa muokattu alkuperäisestä.

5 YHTEENVETO

Lasertyöstömenetelmät varsinkin laserhitsaus yleistyy teollisuuden eri aloilla. Laserhitsaus tuo yritykselle jo kohtuullisen pienellä laitteiston käyttösuhteella huomattavat tuotantotaloudelliset hyödyt. Laserhitsauksen käyttäminen tuotteen valmistuksen prosessissa tuo yritykselle säästöjä koska, laserhitsaus pienentää välivarastojen kokoa. Lisäksi laserhitsaus lyhentää hitsaus- ja asetusaikoja ja mahdollistaa tuotteen osien moduloinnin. Laserhitsauksen korkea laaduntuottokyky pienentää hukkaprosenttia, lyhentää tuotteen valmistuksen läpäisyäikää ja parantaa yrityksen toimitusvarmuutta. Laserhitsauksen edut perinteisiin hitsausmenetelmiin verrattuna on: pieni lämmöntuonti, hitsin syvyys/leveys suhde, suuri hitsausnopeus ja pienet muodonmuutokset.

Lean-ajattelun yksi olennaisin lähtökohta on hukan vähentäminen tai kokonaan poistaminen. Hukkaa voi olla esim. ylituotanto, varastointi, ylimääräiset prosessin vaiheet, koneiden ylimääräiset liikeradat tuotannossa, tuotannossa syntynyt valmistusvika, kuljetukset ja odotus. Arvovirta-analyysi on hyödyllinen Lean-työkalu, jonka avulla yrityksen on helppo kehittää omaa tuotantoa ja vähentää tuotannosta hukkaa. Arvovirtakuvauksen avulla on helppo erottaa tuotantoprosessin toimenpiteet jotka tuovat asiakkaalle lisäarvoa, sellaisista toimenpiteistä jotka eivät sitä tuo. Arvovirtakuvaus havainnollistaa materiaali- ja informaatiovirrat.

Tämän opinnäytetyön tuloksena saatiin toimeksiantajayritykselle tehtyä arvovirta-analyysi ja kustannusarvio laserhitsattavan tuotteen valmistuksesta. Sekä kehitysehdotukset laserhitsattavan tuotteen valmistukselle.

LÄHTEET

Conceptdraw 2016. Arvovirtakuvaus. Viitattu 6.2.2016 <http://www.conceptdraw.com/How-To-Guide/picture/Value-stream-map-VSM-template.png>.

Chase, J. 2011. Operations and Supply Chain Management. New York: The McGraw-Hill Companies.

Esab 2016. TIG. Viitattu 19.2.2016 <http://www.esab.fi/fi/education/blog/tig-hitsaus.cfm>.

Industrial-lasers 2016. Laserhitsaus autotehtaalla. Viitattu 28.1.2016 <http://www.industrial-lasers.com/articles/print/volume-28/issue-2/features/laser-development-at-volvo.html>.

Intechopen 2016. Lisääaineentuonti. Viitattu 4.1.2016 <http://www.intechopen.com/source/html/37746/media/image32.jpeg>.

Invisuale 2016. Railontunnistus. Viitattu 17.1.2016 http://www.invisuale.com/wp-content/uploads/2012/09/seam_tracking-300x168.jpg.

Koneteknologiakeskus 2016. Viitattu 4.2.2016 <http://www.koneteknologiakeskus.fi>.

Koneteknologiakeskus 2016. Ulkokuva. Viitattu 4.2.2016 http://www.koneteknologiakeskus.fi/files/peg_atmos/2332/KTK%20ulkokuva_vaal.jpeg.

Kujanpää, V.; Salminen, A. & Vihinen, J. 2005. Lasertyöstö. Helsinki: Teknologiaiinfo Teknova Oy.

Laaksonharju 2016. Mitä on vsm. Viitattu 12.1.2016 <http://www.laaksoharju.fi/mita-on-vsm>.

Leaniksi 2016. Heijunka, Kanban, VSM, SMED. Viitattu 19.2.2016 <http://leaniksi.fi/lean-sanasto/>.

Logistiikanmaailma 2016. JIT. Viitattu 19.2.2016 [http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_\(Just-in-time\)_ja_imuohjaus](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_(Just-in-time)_ja_imuohjaus).

Metricmetal 2016. S 355 MC. Viitattu 19.2.2016 <http://www.metricmetal.com/products/Grade%20Descriptions/355MC%20.php>.

Or-laser 2016 . Hitsausliitos. Viitattu 15.1.2016 <http://www.or-laser.com/en/laser-welding/welding-processes>.

Sixsigma 2016. 5S. Viitattu 19.2.2016 <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoevalu/>.

Specinst 2016. CCD. Viitattu 19.2.2016 http://www.specinst.com/What_Is_A_CCD.html

Tiede 2016. Laser. Viitattu 3.2.2016 http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/laser_viime_vuosisadan_loistavin_keksinto

Qk-karjalainen 2015 Ymmärrä lean sixsigma oikein. Viitattu 11.11.2015 <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/ymmaerrae-lean-ja-six-sigma-oikein-leanin-kymmenen-harhaluuloa-j>.

Qk-karjalainen 2015. Ymmärrä lean sixsigma oikein. Viitattu 11.11.2015 <http://www.qk-karjalainen.fi/files/2313/1183/8382/ymmrleansixsigmaoikein2.pdf>.

Quality companion 2016. Arvovirtakuvaus. Viitattu 8.2.2016 www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus.